Les ondes mécaniques

I. Propagation d'une perturbation

1. Définition et exemples

Définition :
Une perturbation est une variation d'une propriété mécanique (position, vitesse, énergie) des points d'un milieu matériel.
Le point où est créé la perturbation est la source.

Exemples :
- ébranlement le long d'une corde.
- la chute d'une goutte produit des ronds à la surface de l'eau de la cuve à ondes.

2. Ondes mécaniques

Définition :
Une onde mécanique est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière.

Exemple :
Un cavalier en papier placé sur une corde montre que chacun des points de la corde s'écarte de sa position d'équilibre au passage de la perturbation,
et revient à sa position d'équilibre après le passage de la perturbation.
Il n'y a pas de transport de matière, contrairement au déplacement d'une voiture d'une ville A à une ville B.

3. Ondes longitudinales 1 ; Ondes transversales

Définition :
Si la déformation du milieu matériel est perpendiculaire à la direction de propagation de la perturbation, l'onde est transversale.

Exemples :
- sur la corde.
- à la surface de l'eau de la cuve à ondes.

Définition :
Si la déformation du milieu matériel est parallèle à la direction de propagation de la perturbation, l'onde est longitudinale.

Exemples :
- on comprime quelques spires d'un ressort et on les libèrent, l'onde longitudinale se propage dans la direction du ressort.
- un son est une variation de pression qui se propage dans toutes les directions de la source.

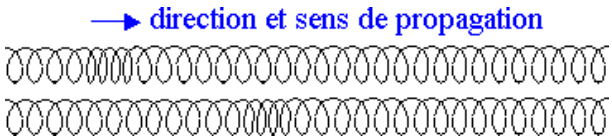
II. Propriétés des ondes mécaniques

1. Mécanisme de propagation

Prof.Zakaryae Chriki

Une onde mécanique se propage de proche en proche dans le milieu matériel.

Exemple : pour le ressort, si on comprime quelques spires et qu'on les libèrent, elles reviennent à leur position d'équilibre en se détendant.
Lors de cette détente, elles compriment les spires suivantes et ainsi de suite.



2. Direction de propagation

Une onde mécanique se propage à partir de la source dans toutes les directions qui lui sont offertes.

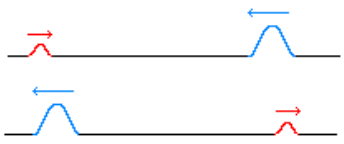
3. Transport d'énergie

Une onde mécanique transporte de l'énergie sans transport de matière. Elle a été fournie par la source au milieu matériel.

Exemple : pour l'échelle de perroquet, on écarte le barreau de sa position d'équilibre et on le lâche.
Quand la main écarte le barreau de sa position d'équilibre, elle lui fournit de l'énergie. Quand ce barreau libéré revient à sa position d'équilibre,
il donne de l'énergie au barreau suivant qui s'écarte à son tour de sa position d'équilibre et ainsi de suite.

4. Superposition d'ondes

Si on créer deux ébranlements transversaux aux deux extrémités d'une corde, les deux perturbations se propagent. Quand elles se croisent, leurs amplitudes s'ajoutent algébriquement.

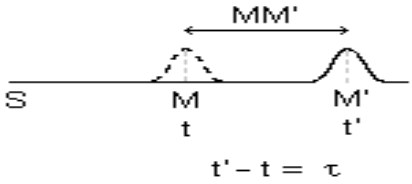


Remarque : deux ondes mécaniques peuvent se croiser sans se perturber.

Prof.Zakaryae Chriki

III. Célérité d'une onde

1. Vitesse de propagation dans un milieu matériel



La perturbation en M' à la date t' est celle qui existait en M à la date t = t' 8211 ; τ.
La perturbation s'est propagée de M en M' pendant la durée τ en parcourant la distance d = MM'.

Sa célérité est :

$$\mathbf{v} = \frac{d}{\tau} = \frac{MM'}{(t' - t)}$$

2. Influence des propriétés du milieu

La célérité d'une onde mécanique dans un milieu matériel ne dépend pas de l'amplitude de la déformation. Elle est caractéristique de ce milieu.

IV. Les ondes sonores

1. Nature de la perturbation

Considérons la propagation d'un son audible dans l'air. L'air est un milieu matériel **compressible** et **élastique**.
On observe que la membrane d'un haut-parleur vibre en même temps qu'un son est émis.
En avançant, la membrane comprime les molécules d'air voisines de la surface de la membrane. L'air comprimé pousse l'air qui l'entoure.
Ainsi **cette compression ou variation de pression se propage de proche en proche**.

2. Propriétés du son

- le son est une onde longitudinale
- la propagation d'un son nécessite un milieu matériel. En effet, le son ne se propage pas dans le vide.

- le son transporte de l'énergie de l'émetteur (haut-parleur, cordes vocales, ..) vers le récepteur (oreille, microphone...).

3. Célérité du son

Elle dépend du milieu de propagation.

Exemples :
- dans l'air,
  - à la température ambiante 20°C, v = 340 m.s^{-1}.
  - à la température ambiante 0°C, v = 331 m.s^{-1}.
- dans l'eau, v = 1,50.10^3 m.s^{-1}
- dans le cuivre, v = 5,01.10^3 m.s^{-1}

Prof.Zakaryae Chriki

- dans le fer, v = $5{,}95.10^3$ $m.s^{-1}$

V. Ondes progressives à une dimension

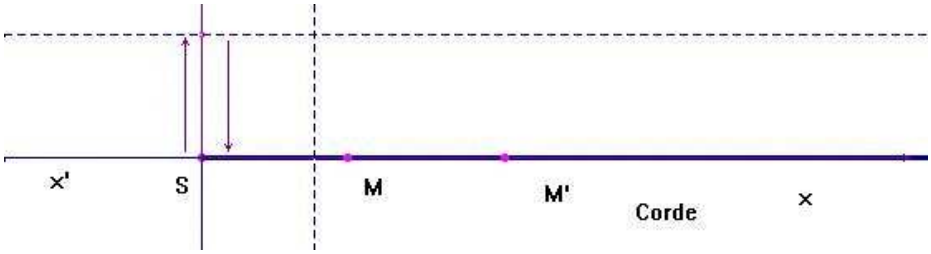
1. Ondes mécaniques à une dimension

Définition :
Une onde mécanique à une dimension est une onde qui se propage que dans une seule direction.

Exemples :ondes qui se propagent le long d'une corde ou d'un ressort.

2. Mouvement de la source

Par exemple sur une corde horizontale :



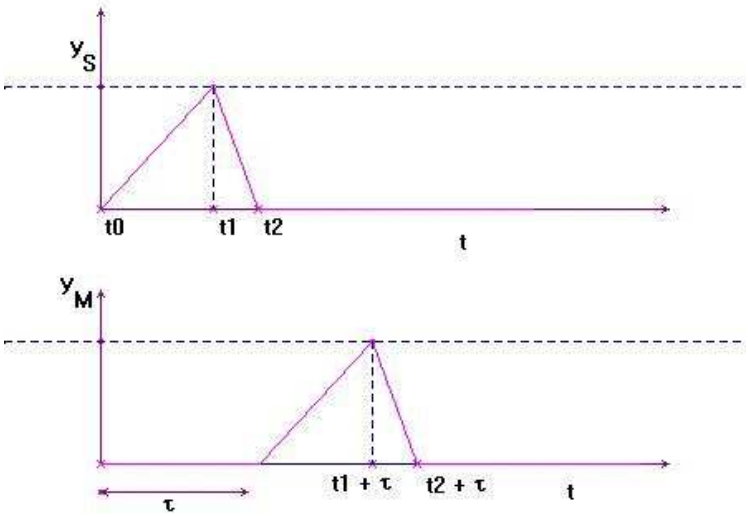
3. Mouvement d'un point M du milieu matériel

- la perturbation créée en S se propage de proche en proche dans tout le milieu matériel.
- tout point du milieu matériel subit la même perturbation mais pas au même instant.
- Le point M est situé à la distance x_M de la source S ; si la célérité de l'onde est v, le mouvement de M commence avec un retard τ sur celui de S.

$$\tau = \frac{x_M}{v}$$

Si l'équation du mouvement de la source S est $y_S(t)$, alors l'équation du mouvement de M est :

$$y_M(t) = y_S(t)(t - \tau)$$



Prof.Zakaryae Chriki